Beiträge zur vergleichenden Anatomie einiger tropischer Lycopodien

von

Karl Linsbauer.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 14. Juli 1898.)

Die Kenntniss der anatomischen Verhältnisse der Lycopodien wurde bislang hauptsächlich aus der Untersuchung europäischer Arten geschöpft, deren histologischen Bau wir vor Allem durch die ausgezeichneten Forschungen von Nägeli (1, I),[1] Hegelmaier (2, I und II), Russow (3) und Strasburger (4, I) kennen gelernt haben. Die tropischen Vertreter dieser Gattung hingegen fanden, abgesehen von einzelnen Notizen über diese und jene Art, sowie von entwicklungsgeschichtlichen Studien, bloss von Joh. Erikson (5) eine eingehende Würdigung in Bezug auf die Blattanatomie.[2] Durch die vorliegenden anatomischen Untersuchungen an tropischen Lycopodien hoffe ich daher Einiges zur Kenntniss des Baues dieser Gattung beizutragen.

Der Untersuchung lag ein in Alkohol durchwegs sehr gut conservirtes Material zu Grunde, welches mein hochverehrter Lehrer, Herr Hofrath Wiesner und zum Theile Herr Dr. Figdor auf Buitenzorg (Java) eigenhändig gesammelt hatten.

---

[1] Die in runder Klammer stehenden Zahlen beziehen sich hier und in der Folge auf den beigegebenen Literaturnachweis.

[2] Eine sorgfältige Zusammenfassung unserer bisherigen Kenntnisse über die anatomischen und entwicklungsgeschichtlichen Verhältnisse der Lycopodien bringt Campbell (24).

Es sei mir gestattet, Herrn Hofrath Wiesner, in dessen Institute diese Arbeit ausgeführt wurde, sowohl für die gütige Überlassung des werthvollen Materials, als auch für vielseitige Anregung im Laufe der Untersuchung meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Zu grossem Danke bin ich auch Herrn Dr. Christ in Basel verpflichtet, der die untersuchten Arten einer genauen Revision, respective Bestimmung unterwarf.

Im Folgenden werde ich die anatomischen Verhältnisse der einzelnen Arten (Stamm, Blatt, Wurzel, Fruchtzweige) besprechen und mit einer kurzen Charakteristik der Hauptgewebearten (Haut-, Grund-, Stranggewebe), insoweit sich Resultate allgemeiner Natur ergaben, abschliessen. Wenn nicht alle Theile gleich eingehende Würdigung erfuhren, so lag es theils am Material, da nicht immer die zur Untersuchung wünschenswerthen Entwicklungsstadien vorhanden waren, theils am Gegenstande selbst, indem zur Entscheidung mancher Fragen ein specielles Studium und Vergleich mit den Verhältnissen verwandter Gattungen unerlässlich ist, was aber nicht im Rahmen dieser »Beiträge« gelegen war.

I. Specieller Theil.

Lycopodium Phlegmaria L.

Sp., Ed. II, 1564. — Baker, Fern-Allies 22.

Da gerade diese Art sehr veränderlich ist[1] und da es nicht unwahrscheinlich ist, dass Hand in Hand mit der morphologischen auch eine anatomische Variabilität geht, wofür ich in der Folge einige Beispiele zu bringen vorhabe, scheint es mir angemessen, vorerst eine kurze Charakteristik der untersuchten Form zu geben.

Stamm aufrecht, im obersten Theile überhängend, gerieft. Die Riefen, welche durch die herablaufenden Blattbasen gebildet werden, im Querschnitte halbkreisförmig (Taf. III, Fig. 25),

---

[1] Spring (6) sagt Bd. I, p. 65 bezüglich dieser Art: »Il est impossible en effet de saisir des caractères quelque peu constants au milieu des inombrables variations de cette espèce, dont l'habitat est si étendu«.

Blätter kurz, aber deutlich gestielt, eilanzettlich, mit schwach herzförmiger Basis. Blattstellung meist $^3/_8$. Ähren kurz, zumeist nur einmal dichotom getheilt.

Ich werde die anatomischen Verhältnisse dieser Art ausführlicher darlegen, will mich jedoch bei der Besprechung der übrigen Arten begnügen, bei ähnlichem Bau hierauf zu verweisen.

Die Epidermis des Stammes besteht aus parallel der Stammaxe gestreckten, wenig gewellten Zellen, die von einer ziemlich mächtigen Cuticula bedeckt werden. Am Querschnitt erscheinen sie wenig höher als breit. Dieselben correspondiren sowohl untereinander, als auch mit dem subepidermoidalen Gewebe durch grosse, einfache Tüpfel. Dabei ist der verhältnissmässig seltene Fall realisirt, dass einfache, seltener getheilte, weite Tüpfelcanäle die Aussenwände durchsetzen.[1] Sie entspringen meist in den oberen Kanten der Zellen, verlaufen schief nach aussen bis nahe unter die Cuticula (Taf. I, Fig. 1, 2), und zwar derart, dass sie zumeist in die Buchten der Epidermiszelle münden, was von der Fläche deutlich zu erkennen ist (vergl. auch Taf. II, Fig. 12). Diese Zellen führen grosse Kerne und reichlichen, protoplasmatischen Inhalt. Ihre Mittellamellen werden durch Chlorzinkjod gelb gefärbt, erweisen sich jedoch Phloroglucin und Salzsäure gegenüber als unverholzt[2]. Die Verdickungsschichten hingegen geben deutliche Cellulosereaction.

An die Epidermis schliesst sich der mächtig entwickelte Rindenkörper an, an dem man zwei differente Theile erkennen kann.

Die 2—3 äussersten Reihen von Zellen, deren Membranen oft wie die der Epidermiszellen schwach gelblich tingirt erscheinen, schliessen lückenlos sowohl aneinander, als auch an die Oberhautzellen an. Sie besitzen einen rundlichen Querschnitt und sind prosenchymatisch zugespitzt. Ihre Wände sind sehr stark verdickt, deutlich geschichtet und spärlich einfach

[1] Vergl. diesbezüglich auch diese Arbeit, S. 1020.

[2] Zum Nachweise der Verholzung bediente ich mich regelmässig der Reaction mit Phloroglucin und Salzsäure, welche bekanntlich von Wiesner in die mikroskopische Technik eingeführt wurde. Vergl. (7, V).

getüpfelt. In chemischer Beziehung stimmen sie mit den Epidermiszellen überein.

Diese Zellen gehen ziemlich unvermittelt in die innere Rinde über, die vor Allem durch zahlreiche kleine Intercellularen, welche oft in grosser Regelmässigkeit zwischen den Zellen auftreten, sowie durch weiteres Lumen und geringere Verdickung ihrer Elemente charakterisirt ist. Die Wände derselben sind ziemlich stark lichtbrechend, unverholzt und namentlich an den mehr oder weniger schiefen Endflächen reich getüpfelt. Die Zahl der Tüpfel auf den Längswänden nimmt in der Umgebung der die Rinde durchsetzenden Blattspuren bedeutend zu. Im Übrigen stimmen diese Zellen mit denen der äusseren Rinde überein.

Im Rindenkörper fallen namentlich auf Querschnitten abweichend gebaute Zellen auf, die ganz den Eindruck von grossen Intercellularräumen machen. Die Form dieser Elemente ist aus dem beigegebenen Querschnitte (Taf. I, Fig. 3, *z*) zu ersehen. Das weite Lumen ist von einer zarten Membran begrenzt, die mit Chlorzinkjod eine bräunliche, mit Safranin eine rothe Färbung annimmt, Reactionen, die auch den Mittellamellen zukommen.

Dass es sich thatsächlich um Zellen und nicht um Intercellularen handelt, ergibt sich sofort aus den Fällen, wo der scheinbare Intercellularraum durch eine dünne Membran getheilt ist. Noch instructiver sind solche Fälle, wo kleine, dreieckige, echte Intercellularen an die scheinbaren Intercellularräume angrenzen (Fig. 3, *i*). Letztere sind offenbar Zellen mit unverdickten Membranen, die in Folge des Turgors der benachbarten Zellen und des Druckes in den Luftgängen convex gegen das Lumen vorgewölbt werden. Die oben erwähnte zarte Membran repräsentirt die gemeinsame Primärhaut im Sinne Wiesner's.[1] Manchmal scheinen ganz zarte Verdickungsschichten angelegt zu sein. Ob die vollständige Ausbildung dieser Schichten überhaupt in diesen Zellen unterblieb oder ob sie nachträglich resorbirt wurden, das zu erforschen muss entwicklungsgeschichtlichen Untersuchungen vorbehalten bleiben.

---

[1] (7, I), S. 31, u. a. O.

Ich konnte auch nicht entscheiden, ob diese Zellen eine bestimmte Function übernommen haben, halte es jedoch nicht für ausgeschlossen.

Die Gefässbündelscheide weist hier wie bei fast allen von mir untersuchten Arten denselben Bau auf, welcher auch durchwegs für die europäischen Arten constatirt wurde, weshalb ich erst bei späterer Gelegenheit näher darauf eingehen werde.[1] Auch auf die Phloëmscheide will ich erst im allgemeinen Theile dieser Arbeit mit einigen Worten zurückkommen.[2]

Das im Vergleiche zur Rinde nur schwach ausgebildete Xylem ist unregelmässig gruppirt, indem die Xylemplatten das Centrum meist nicht erreichen und durch Phloëm unterbrochen sind. Die Protoxylemelemente geben mit Phloroglucin und Salzsäure, sowie mit Safranin eine auffallend schwache Rothfärbung. Die Gefässtracheïden im Sinne Strasburger's sind durchwegs treppenförmig verdickt. Verholztes Xylemparenchym fehlt völlig.

Der Phloëmtheil, das Interfasciculargewebe Hegelmaier's ist heterogen,[3] wurde aber nicht eingehender untersucht.

Bezüglich der Anatomie der vegetativen Blätter verweise ich im Allgemeinen auf die Darstellung Erikson's,[4] der ich nur Einiges beifügen möchte. Der dorsiventrale Bau derselben kommt deutlich in der Epidermis zum Ausdrucke, indem die Elemente der morphologischen Oberseite viel kräftiger entwickelt erscheinen. Die Membranen derselben, namentlich die Aussenwände sind sehr stark quellbar (z. B. bei Einwirkung von Salzsäure), wobei sich letztere gegen das Zelllumen vorwölben und es bis auf ein Minimum erfüllen. Stomata fand ich bloss unterseits ausgebildet.

[1] Vergl. diese Arbeit, S. 1024 f.

[2] Vergl. diese Arbeit, S. 1025.

[3] Hegelmaier (2, I) unterscheidet zwischen homogenem und heterogenem Interfasciculargewebe, je nachdem das zwischen den Xylemtheilen gelegene Gewebe bloss aus gleichartigen Elementen besteht *(L. Selago, inundatum)* oder zwischen englumigen Zellen einzelne weitlumige eingestreut liegen, die derzeit fast allgemein als Analoga der Siebröhren gelten (Russow, Dippel, Strasburger, Potonié u. A.).

[4] (5), S. 53, *f* und Taf. II, Fig. 6 und 7.

Ihre Aussenwände[1] zeigen auf Flächenschnitten eine mehr minder deutliche, strahlenförmige Zeichnung, welche Erikson auf Tüpfel zurückführt. Sie kommt dadurch zu Stande, dass von der Centralspalte Verdickungsleisten radial ausstrahlen (ich zählte meist 6—10 Strahlen), die sich gegen den Rand der Schliesszellen zu verbreitern und verflachen, während sie an der Basis verschmolzen sind (vergl. Taf. II, Fig. 9). Da sie Erikson isolirt und zugespitzt abbildet, so scheinen hier individuelle Schwankungen vorzukommen, worauf wohl auch der Umstand zurückzuführen ist, dass ich im Gegensatze zu diesem Forscher Stomata bloss unterseits auffand. Die Schliesszellen sind auf der Innen-, manchmal auch auf der Aussenwand, namentlich in den leistenförmigen Verdickungen, verholzt.[2] Die Verholzung reicht bis an das innere Gelenk, das an genau median getroffenen Schliesszellen sehr deutlich sichtbar ist. Auch die Cuticula, welche die Centralspalte auskleidet, keilt sich gegen das Gelenk aus,[3] wie Schwefelsäurepräparate lehren.

Die beiderseitige Cuticula ist ziemlich regelmässig gefeldert. Bei Behandlung von Flächenschnitten mit concentrirter Schwefelsäure erkennt man an dem sich umschlagenden Rande, wo die Cuticula im optischen Durchschnitte erscheint, zwei differente Lamellen, von denen die innere scheinbar von feinen Poren durchsetzt ist. Es sind dies aber wohl nichts anderes als die stärker lichtbrechenden Contouren der eben erwähnten Felder der Cuticula, die hier im optischen Durchschnitte erscheint. Nach 24stündigem Einwirken der Schwefelsäure war regelmässig die innere Lamelle und mit ihr Poren und Felderung verschwunden.

[1] Der bequemeren Darstellung halber bezeichne ich hier und im Folgenden als Aussenwand der Schliesszelle jene Membranpartie, welche an den Vorhof und die äussere Luft grenzt, während unter Innenwand der Wandantheil verstanden werden soll, welcher den Hinterhof bildet und im weiteren Verlaufe mit der Athemhöhle in Berührung steht.

[2] Die »Strahlen« werden bei längerer Behandlung mit Schwefelsäure, der gegenüber die verholzten Theile sehr resistent sind, gebräunt und dadurch viel deutlicher.

[3] Hegelm. zeichnet bei *L. alpinum* die Cuticula so, als würde sie die ganze Athemhöhle auskleiden (Taf. X, Fig. 23), was bei keiner der von mir untersuchten Arten der Fall war.

Auf eigenthümliche, der Zellmembran angehörige Bildungen, welche in den Intercellularen des Blattes auftreten, werde ich gelegentlich der Besprechung von *Lyc. serratum*, wo sie am schönsten ausgebildet sind, ausführlicher zurückkommen.

Das schwache Gefässbündel, welches die Blätter durchzieht, ist bei allen untersuchten Lycopodien ziemlich gleichgestaltet und bietet gegenüber den Angaben Strasburger's,[1] welche sich auf die europäischen Arten dieser Gattung beziehen, keine wesentlichen Unterschiede.

An eine der Gefässbündelscheide entsprechende Schichte[2] schliesst sich centrifugal eine vier- bis fünfschichtige Lage von weitlumigen Zellen (Taf. I, Fig. 6) an, die den inneren Rindenzellen des Stammes im Wesentlichen gleichen. Während jedoch ihre Längswände nur selten mit zerstreuten rundlichen Tüpfeln bedeckt sind, zeigen die schiefen Querwände netzförmige Tüpfelung. Auf Längsschnitten geben sie ein ähnliches Bild wie die weiten Siebröhren von *Cucurbita*. Sie führen reichlichen Inhalt und grosse Kerne.

Die Wurzel von *Phlegmaria* ist eine typische Faserwurzel, deren Bau wesentlich von dem des Stammes abweicht.

Das Epiblem besteht aus dünnwandigen, plattenförmigen Zellen mit schwach vorgewölbten Aussenwänden; Innen- und Seitenwände weisen einfache Tüpfel auf. Diese Elemente sind überdies durch eigenthümliche innere Vorsprungsbildungen ausgezeichnet. Sie stellen halbkugelige bis zäpfchenförmige Warzen dar, welche in längeren oder kürzeren Reihen angeordnet, sich auf sämmtlichen Wänden mit Ausnahme der radial gestellten vorfinden (Taf. I, Fig. 4).

Höchst eigenthümlich sind die Wurzelhaare dieser und verwandter Arten gestaltet. Sie bedecken die Wurzel fast in ihrer ganzen Ausdehnung. An manchen fand ich allerdings keine Haare vor; in diesen Fällen waren jedoch die Epiblemzellen collabirt oder ganz abgestossen, so dass die sklerenchymatisch verdickten Zellen der äusseren Rinde (siehe unten)

---

[1] (4, I), S. 461.

[2] Ich komme hierauf im allgemeinen Theile ausführlicher zurück. Vergleiche S. 1024 f.

direct nach aussen grenzten. Ich vermuthe, dass derartige Wurzeln, die wohl für die Aufnahme von Nährstoffen keine Bedeutung mehr haben, doch immerhin für die Befestigung der Pflanze am Substrate von Vortheil sein können.

Die Basis der Wurzelhaare ist zwischen je zwei bedeutend grössere Epiblemzellen eingekeilt, scheint jedoch, wie aus Fig. 4 auf Taf. I erhellt, über die Basis der letzteren emporgerückt. Die beiden Innenwände der Haarzelle, welche deren Fuss repräsentiren, schliessen etwa kahnförmig zusammen. Auf Radialschnitten durch die Wurzel erscheinen sie daher als Seiten eines gleichschenkeligen Dreieckes. Auf Querschnitten hingegen, besser noch an isolirten Haaren, welche in die entsprechende Lage gebracht wurden, erkennt man, dass die Kante (der Kiel), in welcher beide Innenwände aneinanderstossen, einen sanft bogenförmigen Verlauf hat (Taf. I, Fig. 5).

Die Haare treten mit grosser Regelmässigkeit einzeln, selten zu zweien zwischen je zwei Epiblemzellen auf. Bemerkenswerth ist die lockere Verbindung der Wurzelhaare mit dem Hautgewebe, in Folge derer die Haare sich schon bei mässigem Zuge aus dem Verbande lösen, ohne dass eine Verletzung des Gewebes eintreten würde. Eine definitive Erklärung für die eigenthümliche Lage und Form der Haarzellen zu geben, ist nur auf Grund genetischer Untersuchung möglich. Wahrscheinlich handelt es sich jedoch hier um einen ähnlichen Fall, wie ihn Nägeli und Leitgeb[1] für *Lyc. clavatum* beschrieben, dass nämlich die Wurzelhaare keiner vollwerthigen Epiblemzelle entsprechen, sondern durch schiefe Theilungswände entstehen. Im Lumen der Wurzelhaare und etlicher Epiblemzellen ist regelmässig das gegliederte Mycel eines Pilzes anzutreffen, der mithin eine intracellulare Mycorhiza darstellt wie sie auch Treub[2] bei dieser Art constatirte.

Auf das Epiblem folgt eine 4—5 Zellen mächtige Schichte von prosenchymatisch zugespitzten Elementen, mit äusserst stark verdickten und deutlich geschichteten Membranen, welche

[1] (1, II), S. 124, sowie Abb. 8 und 9.

[2] (10). Bei anderen Arten (*L. cernuum, annotinum* und *inundatum*) wurden hingegen von Treub und Goebel (11) auch intercellulare Mycorhizen aufgefunden.

durch grosse einfache Tüpfel ausgezeichnet sind. Ihr Lumen ist meist schmal spaltenförmig und etwas tangential gestreckt. Nur die äusserste und innerste Zelllage besitzt weniger mächtige Membranen. Gegen die Vegetationsspitze zu, wo diese Elemente natürlich bedeutend dünnwandiger sind, treten ganz ähnliche, nur etwas grössere, innere Vorsprungsbildungen, wie in den Epiblemzellen auf. Auch hier stehen die halbkugeligen oder kurz zäpfchenförmigen Wärzchen, in langen Reihen angeordnet, knapp aneinander und finden sich an allen Wänden der Zellen (Fig. 4). Die Membranen derselben geben bis auf die Mittellamelle mit Chlorzinkjod die Cellulosereaction.

Eine sich daran anschliessende, innere Rindenschichte ist durch dünnwandige, farblose Elemente deutlich von der eben erwähnten, bräunlich tingirten, äusseren Partie differenzirt.

Ein bis zwei Reihen lückenlos verbundener, zartwandiger Zellen, welche die Rinde gegen den Fibrovasalstrang begrenzen, entsprechen der Gefässbündelscheide. Bei Behandlung der Schnitte mit Phloroglucin und Salzsäure heben sich ihre, namentlich an Innen- und Seitenwänden verholzten Elemente scharf von der stets unverholzten inneren Rinde ab.

Die Wurzel führt nur eine plattenförmige, etwas concave Gefässgruppe, an deren beiden Kanten je ein Protoxylemstrang verläuft, wie es de Bary[1] für *Lyc. Selago* und *inundatum* angibt. An Querschnitten, die knapp oberhalb der dichotomen Verzweigung des Bündels geführt sind, erkennt man, dass die schmächtige, 1—2 Zellen breite Xylemplatte so orientirt ist, dass die concave Seite immer schief nach innen und (soweit es nach dem vorliegenden Material zu beurtheilen möglich war) nach oben gelagert ist. Da diese Lage auch im weiteren Verlaufe erhalten bleibt, kann man also bei jeder Wurzel aufs Bestimmteste die innere Seite (in Bezug auf die Mutteraxe) und eventuell auch die obere (in Bezug auf den Horizont) erkennen.[2] Den concaven, inneren Theil des Xylems nimmt das kleinzellige Phloem ein. An der Aussenseite hingegen findet sich

[1] (12), S. 364.

[2] Diese doppelte Charakterisirung der Lage (in Beziehung auf Axe und Horizont) rührt von Wiesner her. Vergl. u. a. (7, II).

nur eine Reihe zartwandiger und sehr englumiger Elemente mit verholzten Wänden, deren Zugehörigkeit zum Phloem mir zweifelhaft erscheint. Immerhin ist aber eine Tendenz zur collateralen Ausbildung nicht zu verkennen.

Ähnlich lautet auch die Angabe de Bary's für die dünneren Wurzeln von *Lycopodium*, *Selaginella*, *Isoëtes* und *Ophioglossum*. »Der Gefässtheil ist meist monarch,[1] nimmt entweder die eine Seite des Bündels ein und der Siebtheil die andere — collaterale Anordnung — oder ist dem einen Rande des ihn rings umgebenden Siebtheiles stark genähert.«[2]

Das Grundgewebe der von einem schmächtigen Bündel durchzogenen Spindel der Fruchtähre besteht aus dünnwandigen, etwas in die Länge gestreckten Zellen, die namentlich an den Enden reichlich getüpfelt sind und von der Peripherie gegen das Centrum hin an Lumen abnehmen. Die englumigeren Elemente sind oft durch mächtige Cellulosebalken ausgezeichnet. Man findet sie zumeist dem einen Ende der Zelle stark genähert und schräg, bisweilen gekrümmt verlaufend (Taf. I, Fig. 8, 8 *a*). Sie zeigen hin und wieder Ausbauchungen oder unregelmässige Höcker auf ihrer Oberfläche (Fig. 8 *a*) und sitzen beiderseits mit deutlich verbreiterten Enden auf. In der Regel liegt dem Balken der Zellkern unmittelbar an oder ist ihm wenigstens genähert.[3] Die Balken geben mit Chlorzinkjod Cellulosereaction.

In diesen Zellen finden sich häufig auch einzelne Krystalle oder klumpenförmige Drusen von oxalsaurem Kalk, welch' letztere oft der Zellwand oder den Cellulosebalken anliegen.

Die schuppenförmigen, decussirt stehenden Sporophylle sind noch ausgesprochener dorsiventral gebaut als die vegetativen Blätter. Während nämlich die Epidermis der Blattunterseite bei beiden nicht wesentlich verschieden ist, sind auf der morphologischen Ober- (Innen-) Seite der Ährenblätter nur die Oberhautzellen des Blattrandes gewellt. Jene der Spreite hingegen schliessen mit ungewellten Membranen aneinander.

---

[1] Im vorliegenden Falle diarch.

[2] (12), S. 379.

[3] Bekanntlich fand Haberlandt den Zellkern oft der Stelle genähert, an welcher das Wachsthum am lebhaftesten ist oder am längsten andauert (13, II).

Ihre Aussenwände sind kaum stärker verdickt als die Seitenwände, welche kleine, rundliche Tüpfel führen.

Die äussere Sporangienwand besteht aus grob gewellten Zellen, deren Seiten- und Innenwände stark verdickt und verholzt sind.

Lycopodium filiforme Roxbgh.

Fl. Ind. Ed. Clarke. 741. — Baker, Fern-All. 22.

Diese Species ist durch einen dünnen, schlaff herabhängenden Stamm ausgezeichnet. Die kurz gestielten,[1] eiförmig zugespitzten Blätter haben eine herzförmige Basis und stehen (wenigstens bei dem untersuchten Exemplare) senkrecht vom Stamme ab. Die Lamina ist gleichzeitig vertical gedreht, eine Stellung, die auch bei den Blättern der vorhergehenden Art, jedoch nur an den überhängenden Theilen des Stammes vorkommt, was vielleicht der durch überwiegendes Seitenlicht hervorgerufenen fixen Lichtlage[2] entspricht.

Der Stamm ist nach demselben Typus gebaut wie der des *L. Phlegmaria*, nur sind die Riefen, welche den Blattinsertionen entsprechen, am Querschnitte dreieckig. Auch hier gliedert sich die Rinde in zwei Theile, von denen die äussere, 7—10 Zelllagen mächtige Partie aus sehr stark verdickten, lückenlos aneinanderschliessenden Elementen besteht und den offenbar mechanisch wirksamsten Theil repräsentirt. Die Membranen dieser, sowie der Epidermiszellen sind gelbbraun tingirt.

Die innere Rinde, die aus farblosen Zellen mit weiterem Lumen und dünneren Wänden besteht, führt zahlreiche kleine Intercellularen und erstreckt sich in die Riefen des Stammes, indem sie parallel zur Contour desselben verläuft.

Für die Vertheilung der Tüpfel, sowie für die Gefässbündelscheide und das Leitbündel gilt dasselbe, wie für *Lyc. Phlegmaria*.

---

[1] Raciborski (9) bezeichnet sie als »mit herzförmiger Basis sitzend«. Die Blätter meines Exemplares zeigten hingegen einen allerdings sehr kurzen, doch ebenso deutlichen Petiolus wie die des *L. Phlegmaria*, in welchem auch die Drehung der Blätter eintritt.

[2] (7. VI).

Die Blätter[1] sind, obgleich vertical stehend, deutlich dorsiventral gebaut, was sich vor Allem in dem Fehlen der Stomata auf der morphologischen Oberseite, sowie im Bau der Epidermis ausspricht, die oberseits mächtiger entwickelt und von einer stärkeren Cuticula bedeckt ist. Die strahlenförmigen Verdickungsleisten der Schliesszellen sind hier sehr zart und erstrecken sich fast über die ganze Wandfläche (Taf. II, Fig. 9). Innen- und Aussenwand derselben geben mit Phloroglucin und Salzsäure Rothfärbung, müssen demnach als verholzt bezeichnet werden. Die Cuticula ist nicht gefeldert.

Im Übrigen ist der Bau des Blattes wesentlich derselbe, wie der der erstgenannten Art.

Gleiches gilt auch im Allgemeinen für die Wurzel. Nur fand ich weder im Epiblem, noch in den Rindenzellen Vorsprungsbildungen. Auch war das Xylemband, das die Wurzel durchzieht, hier mächtiger entwickelt, indem es der Breite nach aus 2—3 sehr weitlumigen Gefässtracheiden bestand. Dass dies übrigens ein durchgreifender Unterschied sei, möchte ich nicht behaupten.

In Bezug auf die Elemente der Fruchtähre will ich nur hervorheben, dass die Cellulosebalken in der Spindel (Taf. II, Fig. 10 und 10*a*) hier häufiger als bei der vorerwähnten Art vorzukommen scheinen. Einmal fand ich einen solchen auch eine weitlumige Zelle durchqueren. Derselbe übertraf die übrigen etwa um das Fünffache an Länge und war durch besondere Schlankheit ausgezeichnet (Taf. II, Fig. 10*a*).

Lycopodium nummularifolium Blume.

En. Fl. Jav. 2, 263. — Baker, Fern-All. 20.

Stamm schlaff, hängend (»ex arboribus pendentes« Spring). Blätter kurz gestielt, rundlich, in decussirter Stellung.[2] Die

---

[1] Die Blätter dieser und der folgenden Art wurden von Erikson nicht untersucht.

[2] Das von Kerner [(14), I. Bd., S. 378] gefundene Gesetz, dass »die Zahl der Orthostichen an den aufrechten Stengeln eine desto geringere ist, je breiter die Laubflächen sind«, hat im Allgemeinen auch für die Lycopodien Geltung, obwohl hier die Stellungsverhältnisse meist nicht constant sind. Um typische

Lamina steht vertical nach abwärts, liegt also dem Stamme tangential an. Der Unterschied in der Lage der Spreite gegenüber *L. filiforme* liegt darin, dass bei diesem die verticale Lage einen Grenzfall der klinotropen, bei ersterem einen Grenzfall der hemiorthotropen Lage repräsentirt.[1]

Die vorliegende Art schliesst sich im Bau des Stammes eng an die vorhergehende an. Epidermis und äussere Rinde sind ausserordentlich stark verdickt und deutlich geschichtet (Taf. II, Fig. 11 und Taf. III, Fig. 27).

Die Membranen, ausgenommen die inneren Verdickungsschichten, sind dunkelbraun (makroskopisch schwarzbraun) tingirt. Auch die Cuticula ist auffallend stark entwickelt.

Die Vertheilung der Tüpfel ist dieselbe wie bei den vorhergehenden Arten. Die Combination von Quer- und Längsschnitten ergibt, dass sie conisch gestaltet sind und einen elliptischen, in der Längsrichtung des Stammes gestreckten Querschnitt besitzen (Taf. II, Fig. 11).

Die Verdickungsschichten geben zumeist Cellulosereaction. Oft jedoch sind ein bis zwei Schichten durch ein fast körniges Aussehen von den übrigen auffallend differenzirt (Taf. III, Fig. 27 w.). Diese nehmen mit Chlorzinkjod eine gelbbraune, mit Magdalaroth[2] eine schön rothe Färbung an, die sich von der des Protoplasmas in nichts unterscheidet. Durch dieses merkwürdige Verhalten aufmerksam gemacht, brachte ich auch die verschiedenen Eiweissreactionen in Anwendung, konnte aber bloss mit der Xanthoproteinsäure-Reaction insoferne ein positives Resultat erzielen, als die körnigen Membranlamellen ganz dieselbe Färbung annahmen, als das Protoplasma. Die anderen »Eiweiss«-Reactionen versagten übrigens auch bei der Färbung des Zellinhaltes. Es wäre dessenungeachtet möglich, dass es sich hier um einen besonders eclatanten Fall von Dermatoplasma (im

---

Formen herauszugreifen, ist die Stellung der runden Blätter von *L. nummularifolium* $^1/_2$, die der breitlanzettlichen von *L. Phlegmaria* meist $^3/_8$, die der lineallanzettlichen von *L. clavatum* nach Hegelmaier [(2, I), S. 815] $^2/_9$, $^2/_{11}$, $^2/_{13}$, $^2/_{15}$, $^2/_{17}$.

[1] Vergl. hierüber Wiesner (7, II).

[2] Über die Anwendung dieses Farbstoffes vergl. Pfeiffer v. Wellh. (15), S. 682.

Sinne Wiesner's) handelte, von dem das Dickenwachsthum der Wand, das in diesen Zellen ein sehr auffallendes ist, abhinge.

Über einen ganz ähnlichen Fall berichtet auch Wiesner.[1] »Auch während der Weiterentwicklung der Zellhaut treten in manchen Fällen bestimmt angeordnete Plasmakörnchen auf, die nach meiner Auffassung mit den Dermatosomen in genetischem Zusammenhange stehen. So z. B. bei der Entwicklung der Tracheiden im Holze der Coniferen, wo diese Plasmakörnchen die Lage der späteren „Streifen“ der Zellhaut einnehmen«. Im vorliegenden Falle würden sie die Lage der späteren »Schichten« einnehmen. Jedenfalls sind noch specielle Untersuchungen zur Aufklärung der Natur dieser Membranpartien erforderlich.

Die Zellen der inneren Rindenpartie sind dünnwandiger, farblos und weitlumiger. Die kleinen Intercellularen sind mit körnigem Inhalte erfüllt.

Gefässbündelscheide und Leitbündel weisen keine besonderen Eigenthümlichkeiten gegenüber den erstbesprochenen Arten auf.

Die Epidermis des Blattes und die Stomata lassen eine bogenförmige Anordnung (nach Art der bogenförmigen Nervatur) erkennen. Letztere stehen auf beiden Blatthälften und sind wie bei *L. filiforme* verholzt.

Epidermis und Cuticula ist wie im Stamme ausserordentlich mächtig. Zudem lagert sich zu beiden Seiten des Bündels ein unterseits stärker entwickelter subepidermoidaler Bastbelag an, der sich schnell verjüngend, etwa in der Hälfte des Blattes verliert. Diese Zellen gleichen im Allgemeinen jenen der äusseren Rinde des Stammes.

Der übrige Bau des Blattes, sowie jener der Wurzel weicht von den für *L. filiforme* angegebenen Verhältnissen nicht wesentlich ab.

Die Fruchtähre unterscheidet sich mikroskopisch nur insoferne von jener der ebengenannten Art, als die peripheren Elemente der Spindel stärker verdickte Wände besitzen und lückenlos aneinander schliessen. Cellulosebalken konnte ich nicht auffinden.

---

[1] (7, III), S. 167.

Lycopodium serratum Thunbg.

Fl. Jap. 341. — Baker, Fern-All. 12.

Die Epidermis des Stammes dieser durch aufrechten Bau ausgezeichneten Species ist ähnlich der von *L. Phlegmaria*.

Die specifisch mechanischen Elemente, welche bei den vorausgehenden Arten die äussere Rinde bildeten, sind hier auf eine bis zwei Zelllagen reducirt ausser an den Eintrittsstellen der Blattspuren in den Stamm, wo sie eine grössere Mächtigkeit erreichen. Auch hier sind diese Elemente stärker verdickt und schliessen lückenlos aneinander.

Der übrige Rindenkörper, der eine ansehnliche Entwicklung erlangt, entspricht im anatomischen Bau völlig der inneren Rinde von *L. Phlegmaria*. Höchst auffallend sind nur die zwischen der zweiten und dritten Zelllage auftretenden Intercellulargänge, die auf dem Querschnitt meist tangential gestreckt erscheinen. Sämmtliche die Hohlräume begrenzenden Wände sind von zahlreichen warzenförmigen, halbkugeligen Vorsprüngen bedeckt, die, von der Fläche gesehen, kreisförmige Basis besitzen (Taf. II, Fig. 14 und 15). Hie und da ragen darunter einige durch besondere Grösse hervor. In engeren Intercellularen begegnet man — allerdings nur selten — fadenförmige Balken, welche den ganzen Hohlraum quer durchsetzen und beiderseits einen deutlichen Anschluss an die Zellwände erkennen lassen (Taf. II, Fig. 13). Auf ganz ähnliche Bildungen im Blatte werde ich unten noch zu sprechen kommen.

Es handelt sich hier offenbar um einen Fall, wie ihn Luerssen[1] an den Parenchymzellen einiger Marattiaceen beobachtete, wo diese Balken kurz stachelförmig bis lang fadenförmig, selbst verzweigt sein können. Sie ragen dabei meist frei in den Intercellularraum hinein; »andere durchsetzen ihn vollständig und stehen mit der gegenüberliegenden Zelle in Verbindung, was besonders in engen Intercellularräumen fast immer...der Fall ist.«

Während Luerssen diese eigenthümlichen Bildungen als excentrische und centrifugale Wandverdickung erklärt, kommt

[1] (16), S. 641 ff. und Taf. VI, Fig. 1, 7—9.

Höhnel[1] zu dem Resultate, dass diese Fäden Producte der Mittellamelle sind, welche sich »unvollständig« spaltet und hierauf intercalar weiterwachsen kann. Er bezeichnet sie als »Intercellularfortsätze«. Durch diese Auffassung erklärt sich der Anschluss der Balken an die gegenüberstehende Zellwand sehr einfach. »Sie färben sich«, sagt Höhnel, »mit Chlorzinkjod kaum, wahrscheinlich gar nicht«, was auch für unseren Fall gilt. Er bezeichnet sie demnach weder als verholzt, noch als verkorkt. Es handle sich vielmehr um jene »Mittellamellen-Substanz, wie sie im Parenchym und Collenchym vorkommt und die sich mit Chlorzinkjod nicht oder kaum färbt«.

Die Xylemelemente zeigten immer die Tendenz, einen ziemlich regelmässigen, vier- bis fünfstrahligen Stern zu bilden, wie es z. B. auch bei dem gleichfalls aufrechten *Lyc. Selago* vorkommt. Wie bei diesem sind auch dort die Protoxylemelemente auffallend stark gegen die Peripherie verbreitert (Taf. III, Fig. 29).

Die lanzettlichen, im obersten Theile gesägten Blätter schliessen sich im Baue dem *Phlegmaria*-Typus an. Während die den Mittelnerv begleitenden Epidermiszellen (vergl. Taf. II, Fig. 12) in der Richtung desselben gestreckt sind, zeigen die übrigen eine fiederförmige Anordnung (etwa wie die Nerven von *Scolopendrium*), an welcher auch die nur unterseits ausgebildeten Schliesszellen Antheil nehmen. Die Schliesszellen sind gross und wenig verdickt. Das innere Hautgelenk wird durch eine verdünnte Membranpartie repräsentirt (Taf. II, Fig. 17).

Die engeren Intercellularen des Blattparenchyms, namentlich ober- und unterhalb des Medianus, sowie an den Blatträndern, sind von fadenförmigen Balken, wie sie im Stamme nur selten auftreten (siehe oben), durchzogen. Diese Bildungen scheinen auch bei anderen, speciell bei den im Vorhergehenden beschriebenen Arten verbreitet zu sein, doch fand ich sie nie so häufig und unzweifelhaft wie im vorliegenden Falle. Sie machen ganz den Eindruck, als würde durch sie eine Versteifung des Gewebes erzielt werden.

Die Chlorophyllkörner sind in den Zellen des Blattes oft in langen, perlschnurartigen Ketten angereiht, was Haberlandt

[1] (17), S. 149 f.

auch in der Stengelrinde der Selaginellen constatirte. Diese »kettenförmigen Verbände« kommen nach ihm dadurch zu Stande, »dass die Theilung der Chloroplasten nicht vollkommen von statten geht, indem die dünnen, farblosen Verbindungsstränge zwischen den Theilhälften dauernd erhalten bleiben«.[1]

Das Leitbündel des Blattes besteht hier (wie bei den meisten Lycopodien) aus wenigen, centrifugal an Lumen zunehmenden Xylemelementen, an deren Peripherie einzelne dünnwandige, unverholzte Phloëmelemente stehen.[2] Auffallend ist jedoch, dass erstere in der Nähe der Blattspitze etwas auseinanderweichen, während dazwischen Phloëmzellen eindringen (Taf. III, Fig. 28).[3]

Die grossen, dunkelbraunen Sporangien zeigen einen ähnlichen Bau wie die der vorerwähnten Arten, während sich die zu Sporophyllen gewordenen Blätter nur durch die geringere Grösse von den vegetativen Blättern unterscheiden.

Lycopodium clavatum L. sp. Ed. II, 1564.

. Forma: *divaricatum* Wall. Baker, Fern-All. 26.

Die Epidermiszellen des Stammes sind gestreckt, nicht gewellt, mit geraden oder schrägen Querwänden. Seiten- und Innenwände führen wie gewöhnlich Tüpfel. Die Tüpfel in der Aussenwand hingegen sind hier schmal spaltenförmig[1] und stehen normal zur Längsaxe der Zellen (Taf. II, Fig. 18). Ähnlich lautet auch die Beschreibung, welche Hegelmaier für die typische Art gibt: »Nicht bloss ihre gesägt-gewellten Seiten-, sondern auch ihre Aussenwandungen sind durch zu Netzen mit schmalen quergestreckten Maschen verbundenen Leisten verdickt«.[5]

---

[1] (13, I), S. 30 und Fig. 6, *C* und *D*.

[2] Vergl. Russow (3), S. 131 und Strasburger (4, I), S. 461.

[3] Im Übrigen vergl. bezüglich der Blattanatomie dieser Art Erikson (5), Separatabdruck S. 54.

[4] Auch Erikson (5) unterscheidet zwischen dieser Form der Tüpfel und jener, wie sie z. B. bei *L. Phlegmaria* auftritt. »Deras form är vexlande, rundad eller spricklick«, Separatabdruck S. 30.

[5] (2, I), S. 819.

Hingegen charakterisirt er die Stammrinde der typischen Art folgendermassen: »In der Stengelrinde von *Lyc. clavatum* sind die inneren Lagen ebenfalls mässig sklerenchymatisch, die mittleren von jenen ziemlich schroff absetzend, sehr zartwandig, locker verbunden und ebenfalls mit ihrem längsten Durchmesser schief von unten und innen nach oben und aussen gestellt; die äussersten wieder senkrecht gestellt, eng und mässig stark verdickt.[1] ·

Nach Herbarmaterial, das ich im Pinzgau (Salzburg) gesammelt hatte, kann ich nur noch hinzufügen, dass die schief gestellten Zellen viel weitlumiger sind und im Gegensatze zu den übrigen sich unverholzt erweisen. Sämmtliche Elemente besitzen kleine spaltenförmige Tüpfel. Namentlich die innerste Partie ist reich an kleinen Intercellularen.

Das vorliegende Exemplar aus Buitenzorg weist dem gegenüber insoferne einen bemerkenswerthen Unterschied auf, als der Mantel schief gestellter Zellen völlig fehlt, die Unterbrechung der Sklerenchymscheide hingegen durch ein bis zwei Zelllagen erfolgt, deren Elemente gerade gestellt, verholzt, ziemlich weitlumig und dünnwandig sind. Sämmtliche Zellen führten reichlich Stärkekörner, die oft in langen Ketten aneinander gereiht erschienen.

Das Bild eines Quer- und eines Längsschnittes durch den Stamm von *Lyc. clavatum*, welches David und Weber[2] ihrer Abhandlung beigaben, weist einen ganz ähnlichen Bau desselben auf wie das eben erwähnte Buitenzorger Exemplar, nur sind es circa 14 gerade gestellte Zellreihen aus dünnwandigen Elementen, welche den Sklerenchymmantel unterbrechen.

Aus diesen interessanten Abweichungen des anatomischen Baues derselben Art aus verschiedenen Gebieten kann man wohl auf eine grosse Plasticität dieser Art schliessen, wofür auch die zahlreichen Varietäten[3] sprechen.

---

[1] (2, I), S. 798.

[2] (18) Die untersuchten Arten stammten vom Morvan-Gebirge (Depart. Nièvre).

[3] Spring (6) zählt nicht weniger als neun Varietäten auf. Siehe I. Bd., S. 90.

Die Sklerenchymscheide reicht bis an die Epidermis heran ausser an den Stellen, wo das Blattgewebe in den Stamm übergeht; hier ist ein zartwandiges, lockeres Assimilationsgewebe ausgebildet, das gleichfalls verholzt ist.

Gefässbündelscheide und Leitbündel weichen von den Verhältnissen der typischen Art, wo sie zu wiederholtenmalen Gegenstand eingehender Beschreibung waren, nicht wesentlich ab. Nur beobachtete ich, dass sich an der Zusammensetzung der Protoxylemstränge auch netzförmig verdickte Elemente in grösserer Zahl betheiligen.

Die Anatomie der Laubblätter fand bei Erikson[1] eingehende Würdigung. Erwähnenswerth scheint mir auch der Umstand zu sein, dass die Epidermiszellen, die oft reichlich Krystalle von oxalsaurem Kalke führen, an Innen- und Seitenwänden verholzt sind. Selbst die Schliesszellen, sowie die unterhalb des Gefässbündels gelegene Partie des Assimilationsgewebes geben die »Holzreaction«.

Die dickere Wurzel, die ich allein untersuchen konnte, besitzt, was schon de Bary[2] hervorhebt, im Allgemeinen denselben Bau wie der Stamm. Auffallend ist nur, dass die Xylembänder, die im Stamme bekanntlich annähernd parallel verlaufen, durch reichliche Anastomosen oft vielfach unregelmässig verschlungen erscheinen (Taf. III, Fig. 21).

Auch in der Ährenspindel sind die Xylemplatten mannigfach verschmolzen, zeigen aber im Querschnitt eine mehr minder symmetrische Anordnung. Fig. 22 auf Taf. III gibt einen besonders merkwürdigen Fall wieder, wo ein axiler Xylemstrang von einem geschlossenen Ring aus Xylemelementen umgeben ist.

Die Sporophylle lassen auf beiden Seiten eine auffallende Verschiedenheit in der Ausbildung der Epidermis erkennen. Auf der morphologischen Unter- (Aussen-) Seite zeigen sie einen ganz ähnlichen Bau der Oberhautelemente wie die Laubblätter. Nur sind im mittleren Theile bloss Innen- und Seitenwände der Epidermiszellen, sowie die Innenwände der Stomata verholzt, während gegen den Rand, wo die Zellen an Höhe abnehmen,

---

[1] (5), Separatabdruck S. 40—42.

[2] (12), S. 364.

sämmtliche Membranen vom Verholzungsprocesse ergriffen werden. Auf der morphologischen Ober- (Innen-) Seite hingegen fehlen die Spaltöffnungen. Die Oberhautzellen, welche im mittleren Theile des Blattes am niedrigsten sind, erscheinen hier ungewellt. Hingegen sind die Seitenwände dieser Zellen offenbar durch verstärktes Wachsthum hin- und hergebogen (Taf. II, Fig. 19), wie es Haberlandt für die Flughautzellen der Samen von *Zanonia macrocarpa* abbildet.[1] Dieser Forscher erblickt darin die Bedeutung für die Zellen, dass »deren seitlicher Zusammenhang dadurch zu einem sehr festen wird, dass sie durch starke Verbiegung der Seitenwände miteinander verkeilt sind«. Diese Zellen sind im ganzen Umfange verholzt. Auch die sie bedeckende, zarte Cuticula gibt mit Phloroglucin und Salzsäure intensive Rothfärbung.[2] Die subepidermoidalen Zellen zeigen gleichfalls eine mehr minder deutliche Verbiegung der Seitenwände, was ganz den Eindruck collabirter Zellen macht.

Abweichend vom gewöhnlichen Fall erweist sich auch der Bau der äusseren Sporangienwand, insoferne als die grob gewellten Seitenwände an den dadurch gebildeten Buchten knotenförmig aufgetrieben sind, ausgenommen an jenen Stellen, wo drei Zellen zusammenstossen (Taf. II, Fig. 20). Diese Bildungen sind auf exorbitante, excentrische Verdickungen der Seitenwände zurückzuführen, ähnlich wie sie Wiesner[3] an den Epidermiszellen von *Zea* beschrieb. Die Innen- und Seitenwände dieser Zellen sind intensiv verholzt.

Lycopodium volubile Forst.

Prodr. 86. — Baker, Fern-All. 29.

Diese Art gehört wie die folgende zur Gruppe der anisophyllen Lycopodien. Ihr Stamm ist nach Spring[4] windend (»caule volubili«).

---

[1] (13, I), S. 467.

[2] Dass auch cutinisirte Membranen die Phloroglucin-Salzsäurereaction geben können, hat zuerst Wiesner für die Membranen der Korkzellen nachgewiesen, (7, IV), S. 120.

[3] (7, I), S. 30 und Fig. 21.

[4] (6), I. Bd., S. 105. — J. G. Baker bezeichnet ihn als »wide-scandent«, (19), S. 29.

Die Epidermiszellen des Stammes besitzen eine mässig verdickte Aussenwand, die zarte, rundliche Poren führt und von einer schwachen Cuticula bedeckt ist. Seiten- und Innenwände sind verholzt.

Abweichend von den vorausgehenden Arten ist der Bau des Rindenkörpers. Ein drei bis vier Zellen breiter Mantel aus dünnwandigem Assimilationsgewebe bildet dessen äusserste Lage. Diese Elemente sind sehr locker gestellt und verlaufen schräg nach oben und aussen. Der übrige bis an die Gefässbündelscheide reichende Theil gleicht im Allgemeinen der Sklerenchymscheide von *L. clavatum*. Die Zellen derselben haben zu äusserst einen rundlichen Querschnitt, nehmen jedoch centripetal an Lumen zu, während sie sich gleichzeitig transversal strecken.

Die Gefässbündelscheide weist den normalen Bau auf und ist, wie das gesammte Gewebe, bis an die Epidermis verholzt.

Das Leitbündel ist wohl im Zusammenhange mit dem lianenartigen Wuchse[1] ausserordentlich mächtig entwickelt. Die wie bei *L. clavatum* annähernd parallelen Xylemplatten bestehen durchwegs aus sehr weiten, treppenförmig verdickten Gefässtracheiden, deren Kanten stark verschmälert sind. Ein bis zwei Reihen verholzter Xylemparenchymzellen umsäumen die Gefässplatten. Der Siebtheil besitzt im Wesentlichen den allen grösseren Lycopodien gemeinsamen Bau. Die den Siebröhren entsprechenden Elemente zeigen auf den Längswänden zarte, aber deutliche Tüpfel, wie sie Russow (3) und Dippel (23, I, II) für die grösseren europäischen Arten beschrieben.

Der übrige Theil des Phloëms wird zumeist von ziemlich kurzen, englumigen Zellen mit geraden oder nur wenig geneigten Querwänden eingenommen. Sie führen reichlichen Inhalt und grosse, elliptische Kerne. Sehr zerstreut fand ich jedoch auch noch englumigere, beiderseits lang zugespitzte Elemente, die den Siebröhren unmittelbar anliegen. Bei näherer Betrachtung erwiesen sie sich als gefächert, so dass zwei bis drei Zellen entstanden, welche dicht von Protoplasma erfüllt waren und fast

---

[1] Vergl. Raciborsky (9), S. 246.

spindelförmige Zellkerne führten. Da es schien, als wären sie durch Längstheilung aus der benachbarten Siebröhre hervorgegangen, machten sie ganz den Eindruck von Geleitzellen.[1] Die Wände eines Theiles der Protophloëm-Elemente gaben mit Phloroglucin und Salzsäure Rothfärbung (Taf. III, Fig. 30).

Von Blättern kommen verschiedene Formen in Betracht. An den dickeren Stämmen sind alle gleich gestaltet und zeigen spiralige Anordnung. Sie sind schmal lineal-lanzettlich, lang zugespitzt und wie gewisse *Sedum*-Arten (*S. reflexum*, *bolonieuse* etc.) über den Grund in ein stumpfes, abstehendes »Anhängsel« vorgezogen. Die ausgesprochen dorsiventralen Zweige höherer Ordnung führen je zwei Reihen Lateral- und Dorsalblätter und eine Reihe Ventralblätter.

Die Epidermiszellen zeigen ähnlichen Bau wie die des Stammes. Nur auf dem »Anhängsel« sind sie auffallend kleiner und schmäler. Sie sind zumeist allseitig verholzt, doch nehmen die Zellen der Blattoberseite mit Phloroglucin und Salzsäure einen mehr ziegelrothen Ton an.

Während die Zenithfläche der Lateralblätter höchstens auf der Blattspitze in spärlicher Zahl Stomata führt, fand ich solche auf der Erdfläche in grösster Menge, oft zu zwei, drei und mehr (ich zählte bis 17) mit der Lang- oder Schmalseite aneinandergrenzend.[2] Die Stomata weisen ein deutliches inneres Gelenk auf und waren, wie auch das Assimilationsgewebe des Blattes, gänzlich (?) verholzt.

Die freien Theile der Dorsal- und Ventralblättchen zeigten einzelne Spaltöffnungen auf ihrer morphologischen Unterseite

---

[1] Bei Gymnospermen und Pteridophyten werden bekanntlich keine Geleitzellen gebildet.

[2] Erikson gibt »die Unterseite« der Blätter frei von Spaltöffnungen an (»Untersidan [?] saknar Klyföppninger«), findet solche jedoch »oberseits« zahlreich und äusserst dicht gestellt (»Den öfre [?] epidermis har talrika, ytterst tätt stälda Klyföppn.«). Was die Fragezeichen bedeuten, ist mir nicht klar, da die Oberseite schon durch die zwei Reihen Dorsalblätter leicht aufzufinden ist. Da man jedoch bei den Lateralblättern, worauf sich wohl die Angaben Erikson's beziehen, überhaupt nicht gut von »Ober-« und »Unterseite« sprechen kann, da die Blätter radial zum Stamme stehen, behalte ich die von Hegelmaier [(2, I), S. 798] angewandten Ausdrücke »Erd-« und »Zenithfläche« bei.

(Aussenseite), während bloss bei ersteren auch auf der Oberseite etliche Stomata aufzufinden waren. Sie sind beiderseits wie die Epidermiszellen in der Längsrichtung des Blattes orientirt und liegen nicht selten auch über dem Blattnerv.

Lycopodium complanatum L. sp. Ed. II, 1567.

Forma: *thyoides*. H. B. Kth. Wlld. sp. 5, 18. — Baker, Fern-All. 28.

Da sich diese Varietät in anatomischer Beziehung von der typischen Form nicht wesentlich unterscheidet, beschränke ich mich darauf, einige interessantere Befunde betreffend den Bau der Epidermis und die Vertheilung der Stomata mitzutheilen.

Bezüglich der übrigen anatomischen Verhältnisse, welche sich an den durch *Lyc. volubile* charakterisirten Typus anschliessen, verweise ich auf die sorgfältigen Beschreibungen, welche Hegelmaier,[1] Strasburger[2] und Erikson[3] gaben.

Die Seitenwände der Epidermiszellen, welche wie gewöhnlich netzförmig verdickt sind, erscheinen von der Fläche gesehen gewellt und etwas excentrisch verdickt. Auf den an die Schliesszellen angrenzenden Wänden bildet die Membran zäpfchenförmige Vorsprünge gegen das Lumen der Epidermiszellen.[4] Hin und wieder weichen die Zellwände entsprechend der Mittellamelle auseinander, wie es aus Fig. 23 (Taf. III) zu ersehen ist. Aus derartigen Fällen ergibt sich, dass die vorspringenden Zäpfchen auf einer Faltung der den Epidermiszellen angehörigen Membran beruhen, während die Wand der Schliesszellen an diesem Processe unbetheiligt bleibt. Indem sich die Zellen stellenweise aus dem Verbande lösen, entstehen kleine Intercellularen in der Epidermis, die einen dreieckigen oder halbkreisförmigen Querschnitt besitzen. Ähnliche Fälle beobachteten Milde und Kny bei einigen Osmundaceen und *Isoëtes*. De Bary[5] äussert sich hierüber folgendermassen: »Die undulirten Seitenwände der Epidermiszellen lassen Intercellularräume

---

[1] (2, II).

[2] (4, II), S. 249 ff.

[3] (5), S. 43.

[4] Eine Andeutung von ähnlichen Bildungen fand ich auch hin und wieder bei anderen Arten mit gewellten Epidermiszellen.

[5] (12), S. 57.

zwischen sich, welche in der Flächenansicht elliptisch oder kreisrund und manchmal so gross wie die Zellen selbst sind. Sie gehen durch die ganze Höhe der Epidermis und münden in die darunter befindlichen Intercellulargänge«.

Über Ausdehnung und Communication der Intercellularen stellte ich keine Untersuchungen an. Soviel liess sich jedoch bestimmt erkennen, dass sie sich bis nahe unter die Cuticula erstrecken. Selbst zwischen zwei Stomata fand ich derartige Lücken ausgebildet, die zweifelsohne bis unmittelbar unter die Cuticula reichten.

Die Vertheilung der Stomata ist für die einzelnen Blattformen verschieden. Wie bei *Lyc. volubile* ist auch hier zu unterscheiden zwischen den Blättern des radiär gebauten Hauptstammes (sowie der Zweige niederer Ordnung) einerseits und jenen der ausgesprochen dorsiventralen Zweige höherer Ordnung oder der »Assimilationsprosse« (Goebel)[1] anderseits, die allerdings in einander übergehen. Die ersteren sind gleichgestaltet und stehen in spiraliger Anordnung um den Stamm, während letztere vierzeilig angereiht sind, so zwar, dass zwei Reihen lateraler und je eine Reihe dorsaler und ventraler Blätter auftreten.

Die stärksten mir zu Gebote stehenden Stämme zeigten bereits deutlich dorsiventralen Bau, der in der Abflachung der Oberseite des Stammes, sowie in dem Auftreten von gekielten, dreikantigen Lateralblättern zum Ausdrucke kam. Sämmtliche Blätter dieses Stammabschnittes wiesen auf ihren oberen, dem Stamme anliegenden Seiten zahlreiche Stomata auf, während die Unterseiten stets frei von solchen waren. In gleicher Weise zeigen auch Dorsal- und Ventralblätter der Assimilationssprosse Spaltöffnungen auf ihrer ganzen Innenseite, hingegen schieben sich solche nur ganz vereinzelt auf die Aussenseite der Unterblätter vor. Die an diesen Zweigen nur zweiflächigen Lateralblätter (eine Innenseite ist nicht mehr zu erkennen) besitzen allein auf der Erdfläche der angewachsenen Theile Spaltöffnungen.

---

[1] (11, II), S. 88 f. Daselbst auch wichtige Beiträge über die Dorsiventralität dieser Art.

Es würde zu weit führen, die Differenzen zwischen diesen Befunden und den diesbezüglichen Angaben von Hegelmaier,[1] Goebel[2] und namentlich von Erikson[3] im Detail anzuführen. Das Vorhandensein von solchen genügt, um zu erkennen, dass auch diese Art je nach dem Standorte nicht bloss in morphologischer, sondern auch in anatomischer Hinsicht verschiedener Ausbildung fähig zu sein scheint, wie ich es an anderer Stelle[4] für *Lyc. clavatum* nachwies.[5]

II. Allgemeiner Theil.

Hautgewebe.[6]

Die Epidermis ist meist an den einzelnen Organen derselben Species verschieden ausgebildet. Während die Oberhautzellen am Stamme und über den Blattnerven (manchmal auch längs des Randes) langgestreckt und diesen parallel gerichtet sind, erweisen sie sich sonst unregelmässig gestaltet[7] und verschieden angeordnet. Die Anordnung, an welcher auch die Stomata Antheil nehmen, ist entweder ganz unregelmässig oder die Zellen stehen der Hauptsache nach parallel dem Nerv (*L. clav.*, Ventralbl. von *L. compl.* etc.), fiederförmig *(L. serratum)* oder bogenförmig *(L. nummularifolium)* angereiht.

Die Seitenwände sind mehr minder gewellt, dabei oft excentrisch verdickt *(L. compl.)*, selten ganz gerade wie am Stamme von *L. nummularifolium* und bei den meisten Arten an der inneren Basis der Sporophylle. Hier konnte ich bei

---

[1] (2, 1), S. 818.

[2] (11, III), S. 311.

[3] (5), Separatabdruck S. 43.

[4] Diese Arbeit S. 1012.

[5] Ähnlich äussert sich auch Goebel über die Lycopodien im Allgemeinen: »Die Lycopodienarten bieten ein sehr lehrreiches Beispiel dafür, dass verwandte Formen verschieden stark auf äussere Gestaltungsreize reagiren können«. (11, II), S. 88, Anmerkung 2.

[6] Diese allgemeinen Betrachtungen der Hauptgewebeformen beziehen sich natürlich nur auf die im Vorausgehenden untersuchten Arten, da diese Arbeit nur ergänzende Beiträge, keine erschöpfende Darstellung des Bekannten bringen soll.

[7] Vergl. hierüber Erikson (5).

einer Species (*L. clav.* var. *divar.*) auch eine Faltung normal zur Spreite constatiren (Taf. II, Fig. 19). Durchwegs erscheinen die Wände dieser Zellen getüpfelt. Während an den Seitenwänden netzförmige Verdickungen vorherrschen, führen die stets stärker verdickten Aussenwände spaltenförmige Tüpfel (*L. clav.* v. *divar.*, Taf. II, Fig. 18) oder schief nach aussen verlaufende Poren (Taf. I, Fig. 1, 2),[1] die bei gleichzeitiger Wellung der Membran zumeist den Buchten entsprechen. Die physiologische Bedeutung dieser Tüpfel, die wohl nur durch das Experiment entschieden werden kann, scheint mir möglicherweise eine analoge zu sein, wie sie Haberlandt für die auffallend ähnlich gestalteten Poren von *Salacia* angibt.[2] nämlich die, dass sie die Durchtrittsstellen für ausgeschiedenes Wasser repräsentiren. Es mag nicht unerwähnt bleiben, dass meist auf beiden Blattseiten verschiedene epiphylle Pilze und Algen oft in üppiger Entwicklung angetroffen wurden, was für eine reichliche Wasserausscheidung sprechen könnte. Auch Erikson hält diese Tüpfel nicht für functionslos wie Ambronn.[3] glaubt ihnen jedoch eine Beziehung zum Gaswechsel (»luftens tillträde«) beilegen zu sollen.[4]

Innen- und Seitenwände, seltener auch die Aussenwände geben häufig Holzreaction, welche bei den Laubblättern meist unterseits, bei den Sporophyllen jedoch oberseits intensiver zu sein pflegt.

Die Dorsiventralität der Blätter ist auch sonst in der Epidermis deutlich ausgesprochen, indem die Elemente der Oberseite meist grösser, aussen stärker verdickt und cuticularisirt sind wie die der Unterseite. Nur die Sporophylle verhalten sich umgekehrt; hier ist in der Regel die Epidermis der Innenseite zartwandiger.

Die Vertheilung der Stomata auf den Blättern wurde für die einzelnen Arten bereits von Erikson nachgewiesen. Einzelne

---

[1] Derartige Tüpfel bei Lycopodien constatirte meines Wissens zuerst G. Kraus für *L. pinifolium*.

[2] (13, III), Separatabdruck S. 9 und Taf. I, Fig. 1.

[3] (20).

[4] (5), Separatabdruck, S. 30.

abweichende Momente fanden im speciellen Theile Berücksichtigung. Erikson hebt insbesondere hervor, dass die Spaltöffnungen im Gegensatz zu den Selaginellen fast nie über dem Blattnerv stehen. Ausnahmen fand. ich nur selten, und zwar in der Hochblattregion (*L. clav.* u. A.), sowie an den Medianblättern der heterophyllen Arten.

Auch in Bezug auf die Vertheilung der Stomata verhalten sich die Sporophylle in der Regel umgekehrt wie die vegetativen Blätter, indem sie sich zumeist auf der oberen, den Sporangien ãnliegenden Seite vorfinden, auch wenn sie an den Laubblättern bloss unterseits ausgebildet sind.

Der Bau der Spaltöffnungen ist bei allen Arten ziemlich einförmig und fast nur in der Grösse wechselnd. Alle besitzen ein deutlich ausgebildetes inneres Hautgelenk in Form einer verdünnten Membranpartie, bis zu der sich die Cuticula, welche die Centralspalte auskleidet, erstreckt. In den meisten Fällen gab die Innen- oder Innen- und Aussenwand Holzreaction.[1]

Ich weise hier noch auf die seltene Erscheinung hin, welche ich in der Epidermis von *L. complanatum* var. *thyoides* antraf, in welcher Intercellularen zwischen den undulirten Epidermiszellen und Schliesszellen, sowie zwischen aneinanderstossenden Spaltöffnungen auftreten.[2]

Das Epiblem, das ich nur in wenigen Fällen untersuchen konnte, fand im speciellen Theile seine Darstellung.

Grundgewebe.

Da es hier zunächst auf eine übersichtliche Darstellung der Gewebe auf Grund anatomischer Verhältnisse ankommt, halte ich es für zweckmässig, in diesem Capitel sämmtliche Gewebe zwischen Epidermis und Leitbündel abzuhandeln.

Die ganze Rindenschichte des Stammes, deren innerste Zelllagen nach Strasburger von der Phloëmscheide (im Sinne

---

[1] Über dieses interessante Vorkommen von Verholzung der Schliesszellen, das ich auch bei *Psilotum* und einer Reihe anderer Pflanzen constatirte, werde ich bei anderer Gelegenheit ausführlicher berichten.

[2] Vergl. diese Arbeit, S. 1017.

Russow's) gebildet wird, fällt demnach unter diesen Begriff des Grundgewebes.[1]

Dieses zeigt zwei Hauptformen der Ausbildung, von denen die eine im Allgemeinen parenchymatischen (Assimilationsgewebe), die andere mehr minder prosenchymatischen[2] Charakter trägt und dann theils der Stoffleitung, theils mechanischen Zwecken dient. Jene Elemente sind im Blatte vorherrschend, diese in Stamm und Wurzel.

Ausbildung und Gruppirung der Grundgewebselemente im Stamme scheint immer in Beziehung mit den morphologischen Eigenthümlichkeiten der einzelnen Arten zu stehen.

Die orthotropen Formen entbehren des typischen Assimilationsgewebes, das Grundgewebe trägt also vollständig prosenchymatischen Charakter. Die Rinde besteht bei den untersuchten Arten immer aus zwei differenten Theilen: Die an die Endodermis angrenzende Partie ist reich an Intercellularen und dünnwandig, während die peripher gelegenen Theile aus lückenlos aneinanderschliessenden Zellen bestehen, deren Wände äusserst stark verdickt und meist deutlich geschichtet sind. In einigen Fällen (*L. nummularifolium* und *filiforme*) waren die Membranen dieser Zellen gebräunt. Ich hebe dies hervor, da die sklerenchymatischen Elemente der Lycopodien im Gegensatze zu den Farnen in der Regel farblos sind.[3] Diese Zellen, welche den specifisch mechanischen Theil des Stammes repräsentiren, sind bei dem aufrechten *L. serratum* auf eine bis zwei Schichten (ausser an den Blattinsertionen) reducirt, während sie bei den hängenden Arten eine grosse Mächtigkeit erlangen. Sämmtliche Elemente sind bis auf die Endodermis unverholzt

---

[1] Vergl. die hievon abweichende Darstellung bei Potonié (21), welcher Amylom (Phloëmscheide), Endodermis und Stereom (Sklerenchymscheide) unter den Begriff »Leitbündel« als einer physiologischen Einheit höherer Ordnung subsumirt.

[2] Diese Elemente sind immer in der Längsrichtung gestreckt und besitzen in verschiedenem Grade geneigte Querwände.

[3] Goebel (11, II) sagt S. 311: »Das Grundgewebe des Stammes ist zuweilen, wie bei *L. inund.*, überall dünnwandig, gewöhnlich aber, zumal die inneren Lagen, dickwandig, prosenchymatisch, selbst sklerenchymatisch, jedoch nicht gebräunt, wie bei den Farnen«. Ähnlich äussert sich auch de Bary (12), S. 128.

und mit runden oder elliptischen Tüpfeln bedeckt, deren Zahl meist auf den Endflächen, sowie in der Umgebung des Gefässbündels und der Blattspuren zunimmt.

Bei den plagiotropen Formen fand ich stets an der Peripherie Assimilationsgewebe ausgebildet. Es entspricht immer den mit dem Stamme verschmolzenen Blattbasen (»l'enveloppe herbacée«).[1] Diese Partien finden sich am Querschnitte entweder isolirt oder sie bilden einen geschlossenen Ring, je nachdem die Blätter untereinander frei oder verschmolzen (»connate decurrentia«) sind (*L. compl.* und *volubile*). Die prosenchymatischen Elemente bilden bei dieser Gruppe einen geschlossenen Mantel aus stark verdickten Elementen, die von zahlreichen Intercellularen durchsetzt sind (*L. compl.* und *volubile*). Nur bei *L. clavatum* wird er von zwei bis mehreren Reihen weitlumiger, gerade oder schief gestellter (und dann unverholzter) Zellen, deren Wände weniger stark verdickt sind, unterbrochen. Sämmtliche Elemente sind reichlich getüpfelt und namentlich in den Mittellamellen verholzt.

Das Grundgewebe des Blattes wurde bereits von Erikson (5) eingehend gewürdigt. Die prosenchymatischen Elemente[2] begleiten in der Regel das Gefässbündel, nur bei *L. nummul.* fand ich ausserdem auf beiden Blattseiten einen subepidermoidalen Bastbelag ausgebildet. Auf den Längswänden der ersteren tritt häufig bei Behandlung mit Chlorzinkjod eine unregelmässig netzförmige Zeichnung hervor, die intensiver violett tingirt, sich deutlich von der weniger stark gefärbten Membran abhebt. Dieselbe Erscheinung hat Russow[3] für diverse Filicineen ausführlich beschrieben und abgebildet. Den Grund derselben erblickt er in der »Molecularstructur« der Membran, »die dem Reagens in gewissen Richtungen das Eindringen ermöglicht«.

An dieser Stelle muss ich auch auf die Intercellularfortsätze, die sich namentlich im Blatte von *L. serratum* finden, hinweisen.[4]

---

[1] A. Spring (6).

[2] Erikson rechnet sie als »Bast« zu dem Gefässbündel.

[3] (3), S. 82 und Taf. II, Fig. 61.

[4] Vergl. diese Arbeit, S. 1010.

Die Untersuchungen, die ich an Wurzeln anstellte, sind zu spärlich, als dass sie sich für eine allgemeine Darstellung eigneten.

Das Grundgewebe der Spindel ist sehr einfach gebaut und besteht durchwegs aus etwas gestreckten, zartwandigen Elementen, deren Lumen meist gegen die Peripherie hin zunimmt. Nur bei *L. nummularifolium* wird die Peripherie von stärker verdickten, lückenlos verbundenen Zellen eingenommen.

Die Endodermis bildet mit unwesentlichen Ausnahmen bei allen untersuchten Arten dieselben Verhältnisse dar, wie sie Russow beschrieb. Er sagt hierüber wörtlich:[1] »Das Grundgewebe (des Stammes) grenzt sich gegen das Stranggewebe recht scharf ab durch eine ein- bis dreischichtige, aus sehr dünnwandigen, verholzten (oder verkorkten?), tangential gestreckten Zellen zusammengesetzte Scheide, die als Schutzscheide oder wenigstens als Analogon derselben aufzufassen ist«. Van Tieghem[2] ist es in der Folge auch gelungen, das cutinisirte Band auf den Radialwänden der Endodermis des Stammes von *L. inundatum* nachzuweisen, was auch Strasburger[3] in gleicher Weise bei *L. Selago* glückte. Auch in der Wurzel konnte van Tieghem[4] eine typische Endodermis constatiren. Die gleiche Scheide soll nach Russow[5] die Blattspuren, jedoch nur während ihres Verlaufes durch die Stammrinde umgeben. Bei *Lyc. serratum*, das ich daraufhin genauer untersuchte, fand ich jedoch auch in den freien Theilen der Blätter das Leitbündel immer von einer ein- bis zweischichtigen Scheide umschlossen, deren Zellen zwar weniger tangential gestreckt waren, aber sonst denselben Charakter aufwiesen wie im Stamme, indem sie lückenlos aneinanderschlossen und ihre zarten Membranen mit Phloroglucin und Salzsäure roth

[1] (3), S. 129 f.

[2] (22, II), S. 553 ff.

[3] (4, I), S. 460.

[4] (22, I), S. 84.

[5] (3), S. 131. »Soweit die Blattbündel durch die Rinde des Stammes verlaufen, sind sie von einer Schichte dünnwandiger verholzter Zellen umgeben, die in jeder Beziehung den Zellen der den axilen Strang umgebenden Schutzscheide gleichen. Im Blatte ist das Grundgewebe nicht scharf gegen das Stranggewebe abgegrenzt.«

gefärbt wurden.[1] Da namentlich Seiten- und Innenwände dieser Zellen mit Alkanna-Tinctur die Korkreaction gaben, sowie gegenüber concentrirter Schwefelsäure sich äusserst resistent erwiesen, glaube ich auch in dieser Zelllage eine Gefässbündelscheide erblicken zu sollen, wenn ich auch auf den Radialwänden kein cutinisirtes Band nachweisen konnte, da es möglicherweise nur auf Entwicklungsstadien, die mir fehlten, aufzufinden ist.

Eine gleich situirte und ganz ähnlich gebaute Scheide konnte ich auch in den Blättern der übrigen Arten constatiren.[2] Dieselbe Zellschichte beschreibt auch Strasburger,[3] bezeichnet sie auch als »verholzt«, vermisst jedoch wie Russow im Blatte eine Endodermis.

Die Phloëmscheide Russow's verhält sich ebenfalls bei allen untersuchten Arten im Wesentlichen gleich, wie es bereits dieser Forscher angibt. Ich hebe nur hervor, dass sie bloss im Blatte völlig zu fehlen scheint, so dass die peripher gelegenen Gefässtracheiden zumeist unmittelbar an die Gefässbündelscheide anschliessen.

Stranggewebe.

Die Vertheilung der Xylem- und Phloëmelemente ist bei sämmtlichen Lycopodien im Allgemeinen dieselbe und wurde schon oft zum Gegenstande eingehender Untersuchung gemacht,[4] so dass es mir nur erübrigt, einige wenige Bemerkungen hinzuzufügen.

Bekanntlich unterscheiden sich auch hierin die Arten mit orthotropen von denen mit plagiotropen Stämmen.[5] Bei jenen ist das Gefässbündel schwach im Vergleich zur Rinde. Die Xylemplatten sind entweder unregelmässig vom Phloëm unter-

[1] Dass die Zellen der Endodermen auch die »Holz«-Reactionen geben, findet sich nicht selten. Vergl. Schellenberg (8), S. 254.

[2] Die Membranen dieser Zellen gaben auch immer die Phloroglucin-Salzsäurereaction. Auf Verkorkung wurde in den einzelnen Fällen nicht reagirt.

[3] (4, I), S. 462.

[4] Ausser den auf S. 995 aufgezählten Arbeiten sei hier noch auf folgende hingewiesen: Dippel (23, II), Potonié (21).

[5] Vergl. u. a. Strasburger (4, I), p. 458.

brochen und erreichen meist nicht das Centrum (sämmtliche untersuchte Arten mit hängendem Stamm) oder bilden einen vier- bis fünfstrahligen Stern mit stark verbreiterten Enden, wie bei dem aufrechten *L. serratum.*[1] Bei der zweiten Gruppe *(L. clavatum, compl., volubile)* ist das Gefässbündel sehr mächtig entwickelt. Die Xylemplatten stehen mehr weniger parallel, die schwache Concavität nach oben kehrend.

Während die Gefässtracheiden rundliche oder treppenförmige Tüpfel führen, je nach dem ihr Lumen enger oder weiter ist, sind die Gefässprimanen meist ring- oder schraubenförmig, selten netzförmig *(L. clavatum* v. *divar.)* verdickt. Bei diesen sowie den ganz ähnlichen Holzelementen, welche die Blattspuren zusammensetzen, sind die ring-, respective schraubenförmigen Verdickungsschichten besonders stark verholzt, während die übrige Membran Cellulosereaction gibt.[2] (Taf. III, Fig. 28.)

Bezüglich der Phloëmelemente, sowie der Anatomie der Blattspuren kann ich nur auf vereinzelte Untersuchungen im speciellen Theile verweisen. Obgleich die Vertheilung von Xylem und Phloëm wiederholt studirt wurde, wäre in Bezug auf den morphologischen Werth einzelner Elemente doch noch manche Frage zu lösen, was künftigen Untersuchungen vorbehalten bleibe. Zur Untersuchung dieser Elemente dürfte wohl *L. volubile* das geeignetste Material abgeben.

Literaturnachweis.

1. Nägeli, (I.) Beiträge zur wissenschaftl. Botanik. Leipzig, 1858.
   — und Leitgeb, (II) Entstehung und Wachsthum der Wurzeln. Beiträge zur wissenschaftl. Botanik, Heft IV, 1868.
2. Hegelmaier F., (I.) Zur Morphologie der Gattung *Lycopodium* (Botan. Zeitung, Nr. 44, 1872).
   (II.) Zur Kenntniss einiger Lycopodinen (Botan. Zeitung, 1874).

[1] Dasselbe ist bei dem aufrechten *L. Selago*, das ihm in vieler Hinsicht gleicht, der Fall.

[2] Auf diese partielle Verholzung bei Gefässen weist auch Schellenberg (8) hin.

3. Russow, Vergleichende Untersuchungen der Leitbündelkryptogamen (Mém. de l'acad. imp. des sciences de St. Pétersbourg, VII[e] sér., t. XIX, 1873).
4. Strasburger Ed., (I.) Über den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen (Histolog. Beiträge, Heft III, Jena 1891).
(II.) Das botanische Practicum. II. Aufl., Jena 1887).
5. Erikson Joh., Bidrag till kännedomen om Lycopodinébladens anatomi (Gradual-Disput. Acta univ. Lund, B. XXVIII, 1892. Arb. från Lunds botaniska institution, XII).
6. Spring A., Monogr. de la famille des Lycopodiacées (Mém. de l'acad. r. de Belgique, t. XV et XXIV, Bruxelles, 1842 et 1849).
7. Wiesner J., (I.) Elemente der wissenschaftlichen Botanik. I. Anatomie und Physiologie der Pflanzen. IV. Aufl., Wien, 1898.
(II.) Untersuchungen über den Einfluss der Lage auf die Gestalt der Pflanzenorgane. (Diese Sitzungsberichte. Bd. CI, I. Abth., 1892).
(III.) Die Elementarstructur und das Wachsthum der lebenden Substanz. Wien, 1892.
(IV.) Technische Mikroskopie. Wien, 1867.
(V.) Note über das Verhalten des Phloroglucins und einiger verwandter Körper zur verholzten Zellmembran (Diese Sitzungsberichte, Bd. LXXVII, I. Abth., 1878).
(VI.) Die heliotropischen Erscheinungen, II. Theil, 1880.
8. Schellenberg H., Beiträge zur Kenntniss der verholzten Zellmembran (Jahrbuch für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXIX, 1896).
9. Raciborsky, Die Pteridophyten der Flora von Buitenzorg (Flore de Buitenzorg, publié par le Jardin bot. de l'état, t. I).
10. Treub M., Études sur les Lycopodiacées (Ann. du Jard. bot. du Buitenzorg, vol. IV, 1884 et vol. V, 1886).
11. Goebel K., (I.) Über Prothallien und Keimpflanzen von *Lycop. inundatum* (Botan. Zeitung, XCV, 1887).
(II.) Organographie der Pflanzen, I. Theil, Jena 1898.
(III.) Grundzüge der Systematik und specielle Pflanzenmorphologie. Leipzig, 1882.

12. De Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane der Phanerogamen und Farne. Leipzig 1877.
13. Haberlandt G., (I.) Physiologische Pflanzenanatomie, II. Aufl., Leipzig, 1896.
(II.) Über die Beziehung zwischen Lage und Function des Zellkernes bei den Pflanzen. Jena. 1887.
(III.) Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt. II. Über wassersecernirende und -absorbirende Organe (Diese Sitzungsberichte, Bd. CIII, I. Abth., 1894).
14. Kerner A., Pflanzenleben, I. Aufl., 1887—1891.
15. Pfeiffer v. Wellh. Zur Präparation der Süsswasseralgen (Jahrb. für wiss. Bot., Bd. XXVI).
16. Luerssen Chr., Kleinere Mittheilungen über den Bau und die Entwicklung der Gefässkryptogamen (Botan. Zeitung, Bd. XXXI, Nr. 40 und 41, 1873).
17. Höhnel Fr., Über den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt (Diese Sitzungsberichte, Bd. LXXVI, I. Abth., 1877).
18. David E. et Weber L., Études sur les Lycopodiacées en général et en particulier sur le Lyc. clavatum (Bull. de la Soc. Synd. des Pharmaciens de la Côte d'Or, No 15, 1896).
19. Baker J. G., Handbook of the Fern-Allies. London, 1887.
20. Ambronn H., Über Poren in den Aussenwänden von Epidermiszellen (Pringsheim's Jahrbücher, Bd. XIV).
21. Potonié H., Über die Zusammensetzung der Leitbündel bei den Gefässkryptogamen (Jahrbuch des königl. botan. Gartens und Museums zu Berlin, Bd. II, 1883).
22. van Tieghem, (I.) Recherches sur la symmétrie de structure de plantes vasculaires (Ann. des sc. nat. Bot., V^e sér., t. XIII).
— et Douliot (II.), Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires (Ann. des sc. nat. Bot., VII^e sér., t. VIII).
23. Dippel L., (I.) Das Mikroskop und seine Anwendung.
(II.) Über die Zusammensetzung des Gefässbündels der Kryptogamen (Amtl. Bericht über die XXXIX. Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Giessen, September 1864, S. 142 ff.).

24. Campbell D. H., The structur and development of the Mosses and Ferns. London, 1895.

Erklärung der Abbildungen.

Die Figuren wurden sämmtlich mit Hilfe des Zeichenprismas, und zwar, wenn nicht anders bemerkt, bei circa 450 maliger Vergrösserung entworfen.

Tafel I.

Lycopodium Phlegmaria.

Fig. 1. Querschnitt durch die Epidermis und eine Reihe äusserer Rindenzellen des Stammes. *p* Poren in der Aussenwand der Oberhautzellen.

Fig. 2. Längsschnitt durch eine unterhalb des Gefässbündels liegende Epidermiszelle. *n* Zellkern. Vergr. circa 220.

Fig. 3. Querschnitt durch eine Partie der Innenrinde. *z* scheinbare Intercellularen; *i* echte Intercellularen. Die dunkel ausgezogenen Linien durch Safranin roth tingirt.

Fig. 4. Längsschnitt durch die äussere Partie der Wurzel unweit der Vegetationsspitze. *h* Wurzelhaar, *ep* Epiblemzelle (an der mittleren derselben Vorsprungsbildungen von der Fläche), *r* äussere Rindenzelle.

Fig. 5. Basis eines isolirten Wurzelhaares von oben.

Fig. 6. Längsschnitt durch die das Blattbündel begleitenden Elemente.

Fig. 7. Schliesszelle der Blattunterseite im Querschnitt. *h* inneres Hautgelenk. Vergr. circa 620.

Fig. 8 und 8 *a*. Cellulosebalken aus den Zellen der Ährenspindel. *n* Zellkern, *t* ein durch den Balken durchschimmerndes Tüpfel.

Tafel II.

Lycopodium filiforme.

Fig. 9. Spaltöffnung der Blattunterseite von der Fläche nach längerer Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure.

Fig. 10 und 10 *a*. Cellulosebalken aus der Ährenspindel. Fig. 10 eine weitlumige Zelle.

Lycopodium nummularifolium.

Fig. 11. Längsschnitt durch zwei Zellen der äusseren Rinde. *k* Konisch gestaltete Tüpfel.

Lycopodium serratum.

Fig. 12. Isolirte Epidermiszelle des Blattes, die schief nach aussen verlaufenden Poren von der Fläche zeigend. Vergr. circa 220.

Fig. 13. Enger Intercellularraum des Stammes mit »Intercellularfortsätzen«.

Fig. 14. Weiterer Intercellularraum des Stammes mit warzenförmigen Vorsprungsbildungen im Querschnitt.

Fig. 15. Derselbe im Längsschnitt.

Fig. 16. Intercellularraum im Blatte mit »Intercellularfortsätzen«.

Fig. 17. Schliesszelle. *h* inneres Hautgelenk, *c* Cuticula.

Lycopodium clavatum var. *divaricatum.*

Fig. 18. Epidermis des Stammes von der Fläche.

Fig. 19. Epidermis der inneren (oberen) Seite des Sporophylls im Querschnitt. Bei *M* die Blattmitte. Vergr. circa 220.

Fig. 20. Zellen der äusseren Sporangienwand von der Fläche.

Tafel III.

Lycopodium clavatum var. *divaricatum.*

Fig. 21. Vertheilung des Xylems in einer stärkeren Wurzel. Schematisch.

Fig. 22. Vertheilung des Xylems in der Spindel. Schematisch.

Lycopodium complanatum.

Fig. 23. Spaltöffnung der Blattunterseite von der Fläche. *i* Intercellularen.

Lycopodium volubile.

Fig. 24. Theil der Epidermis der Blattunterseite von der Fläche. Vergr. circa 220.

Fig. 25. Querschnitt durch den Stamm von *L. Phlegmaria*, halbschematisch. *ep* Epidermis, *a* äussere Rinde, *i* innere Rinde, *g* Gefässbündelscheide, *x* Xylem, *ph* Phloëm, Bl. sp. Blattspur.

Fig. 26. Querschnitt durch die Wurzel von *L. Phlegmaria,* halbschematisch. *w* Wurzelhaar; die übrige Bezeichnung wie in Fig. 25.

Fig. 27. Partie der äusseren Rinde von *L. nummularifolium* im Querschnitt. Plasma *(p)* und eine Wandlamelle *(w)* mit Magdalaroth tingirt. Vergr. circa 620.

Fig. 28. Querschnitt durch ein Gefässbündel des Blattes von *L. serratum* in der Nähe der Blattspitze. *x* Xylemelemente, *ph* Phloëmelemente, *g* Gefässbündelscheide. *v* Intensiver verholzte Verdickungsschichten.

Fig. 29. Querschnitt durch das Gefässbündel des Stammes von *L. serratum.* Bezeichnung wie in Fig. 25. *s* Siebröhren, *sp* Siebparenchym. Vergr. circa 100.

Fig. 30. Querschnitt durch den Stamm von *L. volubile. ass* Assimilationsgewebe des Stammes, *scl* Sclerenchymscheide, *pr* verholzte Protophloëmzellen. Die übrigen Bezeichnungen wie in Fig. 25, halbschematisch.